

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09283843 A**

(43) Date of publication of application: **31 . 10 . 97**

(51) Int. Cl **H01S 3/18**

(21) Application number: **08095038**

(22) Date of filing: **17 . 04 . 96**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:  
**KIKAWA TAKESHI  
SAGAWA MISUZU  
HIRAMOTO KIYOHISA  
NOMOTO ETSUKO  
TOYONAKA TAKASHI  
UOMI KAZUHISA**

(54) **SEMICONDUCTOR LASER**

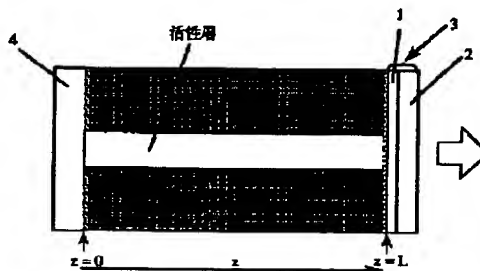
on a rear face of an element.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the increase in an operation current even after long- termed operations by a method wherein an insulation film composed of nitride is formed adjacent to a semiconductor face being a light-emitting face as a protection film of the light-emitting face and further the insulation film other than nitride is formed on the insulation film being a nitride.

**SOLUTION:** A buffer layer, a clad layer, a strain quantum well active layer, a clad layer, an optical waveguide path layer, a clad layer, and a cap layer are sequentially formed on a substrate. Next, a ridge is formed, a current narrow layer is grown and a contact layer is formed. Thereafter, a p-side ohmic electrode and an n-side ohmic electrode are formed, and a laser element is obtained by a cleaving method. Thereafter, a low reflection film 3 comprising a 2-layer film comprising a nitride silicon thin film and a silicon oxide thin film 2 is formed as an insulation film 1 composed of a nitride on a front face of an element by a sputtering method, and a high reflection film 4 comprising a 6-layer film comprising a nitride silicon thin film and an amorphous silicon thin film is formed



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-283843

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H01S 3/18

識別記号 庁内整理番号

F I  
H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-95038

(22) 出願日 平成8年(1996)4月17日

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72) 発明者 紀川 健  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 佐川 みすず  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 平本 清久  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

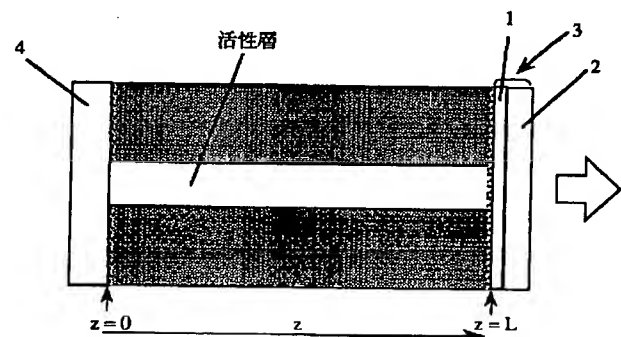
(57) 【要約】

【課題】 従来の高出力半導体レーザでは、定光出力連続動作に伴って動作電流の急激な増加が生じ、十分な寿命時間を有する高信頼な半導体レーザを得ることができなかった。

【解決手段】 半導体レーザの光出射面の保護膜として少なくともその一部に窒化物層を含む絶縁物を形成する。保護膜形成前に自然酸化膜を除去すると更に有効である。

【効果】 本発明により、高出力半導体レーザにおいて長寿命化、高信頼化を容易な方法で実現し、歩留まり向上、低コスト化を実現した。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザに於て光出射面の保護膜として、該光出射面である半導体表面に隣接して窒化物からなる絶縁膜が形成され、更に該窒化物からなる絶縁膜上に窒化物以外の絶縁膜が形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】特許請求項1の半導体レーザに於て該窒化物からなる絶縁膜の厚さが20Å以上、300Å以下であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項3】特許請求項2の半導体レーザに於て該窒化物からなる絶縁膜が多孔質膜と緻密膜とからなる積層構造を有し、半導体表面側に多孔質膜が形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】特許請求項1乃至3の半導体レーザに於て該窒化物からなる絶縁膜が少なくとも窒化硅素、窒化アルミニウム、窒化ガリウム、或いは窒化硼素の何れか1種類以上を含むことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】特許請求項1乃至4の半導体レーザに於て波長が $9800 \pm 50$ Åであり、出射光の光密度が $2 \times 10^6$ W/cm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】特許請求項1乃至4の半導体レーザに於て波長が $6800 \pm 100$ Åであり、出射光の光密度が $1 \times 10^6$ W/cm<sup>2</sup>以上であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】特許請求項1乃至6の半導体レーザに於て該保護膜と半導体表面との間に少なくともV族元素を含む酸化物、特に砒素酸化物、が形成されていないことを特徴とする半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザの構造に係り、特に、光通信システム、光情報システムにおける高出力半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、光ディスクや光磁気ディスクの書き込み用として高出力高信頼半導体レーザが求められている。また、光伝送システムで中継器あるいは受信器に用いられる希土類添加光ファイバ増幅器励起光源として高出力高信頼0.98μm帯半導体レーザが盛んに研究されている。これらの半導体レーザには長時間、安定に基本モードで動作することが要求される。これら半導体レーザの光出射面を形成する半導体表面上には絶縁膜からなるコーティング膜が形成されている。これは適正な反射率を得ることにより光取出し効率を大きくすると共に閾値キャリア密度の増加による最大出力の低下を防ぐ為である。このコーティング膜としては従来、多くのレーザにおいて酸化硅素薄膜が用いられている。例えばアプライド フィジックス レターズ34巻（1979年）、685ページ（Applied Physics Letters, vol. 34, pp. 685, 1979）に記載のT. Uasaらによる報告等がある。また無反射条件となるように酸化硅素膜と窒化硅素膜の膜厚を制

御した積層膜も用いられている。窒化硅素膜を用いた例としては例えば電子情報通信学会論文誌C-I、78巻、3号（1995年）、143頁（Vol. J78-C-I, No. 3, pp. 143, 1995）記載の福岡等による報告がある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】多くの半導体レーザで従来用いられてきた出射面コーティング膜は酸化硅素からなる単層膜であり、反射率が所要の値となる膜厚に設計されている。ところが出射光の密度が数MW/cm<sup>2</sup>と高い光出力を有するレーザの場合、このようなコーティング膜では定光出力連続駆動させると、動作時間に伴って急速に動作電流が増加し、数千時間で動作しなくなるという問題が生じた。

【0004】レーザ動作に伴い酸化膜中の酸素原子が半導体の内部に拡散して半導体表面を酸化させ、或いは結晶性が劣化する。また半導体に燐原子を含む素子では燐が絶縁膜中に拡散し半導体の結晶性が劣化する。これらにより表面近傍でキャリアトラップが増加してキャリアの再結合が増大する。このため再結合電流の増加し、動作電流が増加する。このため高出力レーザには不適であった。

【0005】一方、窒化硅素薄膜の応力は酸化硅素薄膜に較べ数倍乃至数十倍大きい。このため半導体レーザの端面保護膜に用いた場合、半導体のバンドギャップが応力により端面近傍で小さくなり半導体表面での拡散電流や再結合電流が大きくなる。このため初期の動作電流が大きくなる。また動作による動作電流の増加も大きくなる。

【0006】その他にも応力が大きい場合には膜はがれが起り易く、また半導体表面に割れや剥離を生じさせる危険ある。

【0007】本発明は、出射光密度が数MW/cm<sup>2</sup>以上の高出力レーザにおいて、長時間動作後にも動作電流の増加が少ない長寿命で信頼性の高い半導体レーザを提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的は、光出射面を形成する半導体表面上に窒化物からなる薄い絶縁膜層を設けることにより達成される。窒化膜の上に適正な膜厚の酸化膜、例えば酸化硅素膜を積層することにより適正な反射率を得ることができる。窒化膜の膜厚は酸化膜の膜厚に較べ十分に薄いので酸化膜の膜厚の制御性は従来の単層膜を用いる場合と同等である。薄い窒化膜の形成により半導体表面への酸素の供給が抑制でき、また燐のout-diffusionも抑制できる。これにより半導体の結晶性の劣化による動作電流の増加を抑制することができる。薄い窒化膜を用いるために半導体表面への応力の増加を小さくすることができる。また、その窒化物からなる絶縁膜層を多孔質膜等の低密度な膜と緻密で欠陥の少ない膜とからなる積層構造とし、半導体表面の直上に低

密度の膜、その上に緻密な膜を形成することにより半導体表面への応力は更に小さくすることができるので、その効果はより大きくなる。例えばAr(アルゴン)ガスを用いたスパッタ法により窒化膜を形成する場合、低パワー、高Ar圧力とすることにより膜中へのArの混入量が増大し、低密度の膜となる。またプラズマの中心から外れた位置で成膜することにより同様の低密度膜となる。何れの低密度膜でも半導体表面へのプラズマ損傷は低減され、動作電流の増加は抑制される。また低密度膜の形成によりプラズマ損傷や応力の増加等の副作用がなくなるのでその上の緻密な膜は空孔や不純物等の欠陥のない理想的な膜とすることができる。これにより拡散防止の効果を最大にすることができる。更に、上記目的は半導体表面上にV族元素、特に砒素を含む酸化物を形成せずに、或いは形成した酸化物を除去した後に窒化物からなる絶縁膜層を形成することによりその効果は一層顕著となる。

【0009】本発明によれば、波長 $0.98\mu\text{m}$ の光を $2\text{MW}/\text{cm}^2$ 以上の出力で発振するレーザ素子のみならず、例えば波長 $0.68\mu\text{m}$ 、または $0.65\mu\text{m}$ の光を $1\text{MW}/\text{cm}^2$ 以上の出力で発振する光記録装置用レーザ素子に於ても、動作時間に伴い素子特性が劣化する問題を解決することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を3つの実施例とその関連図面を用いて詳細に説明する。

【0011】<実施例1>本発明の第1の実施例を図1~2を用いて説明する。本実施例は、本発明を光伝送システムで中継器あるいは受信器に用いられる希土類添加光ファイバ増幅器励起用 $0.98\mu\text{m}$ 帯高出力半導体レーザに適用したものである。図1はファブリ・ペロー型共振器を有する半導体レーザの平面構造を、図2(a)は断面構造を、図2(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子の作製方法について述べる。n-GaAs基板5上にGaAsバッファ層6、GaAsに格子整合したn-InGaPクラッド層7、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 障壁層( $x=0.82$ ,  $y=0.6$  3, 障壁層厚 $35\text{nm}$ )17と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 歪量子井戸層( $z=0.16$ , 井戸層厚 $7\text{nm}$ )18から構成される歪量子井戸活性層8、GaAs基板に格子整合したp-InGaPクラッド層9、p-GaAs光導波路層10、GaAsに格子整合したp-InGaPクラッド層11、p-GaAsキャップ層12をMOVPE法、またはガスソースMBE法、またはCBE法により順次形成する。次に、酸化膜をマスクに、ホットエッチング工程により図2(a)に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウェット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。エッチングはp-GaAs光導波路層10を完全に除去し、且つ歪量子井戸活性層8に達しないようにp-InGaPクラッド層9の途中で止まるようにする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図2(a)に示すようにn-InGaP

電流狭窄層13をMOVPE法により選択成長する。その後成長炉からウェハを取りだし、選択成長マスクとして用いた酸化膜をエッチングにより除去する。その後、p-GaAsコンタクト層14をMOVPE法またはMBE法により形成する。p側オーミック電極15、n側オーミック電極16を形成した後、劈開法により共振器長約 $900\mu\text{m}$ のレーザ素子を得る。この後、素子の前面( $z=L$ )にスパッタリング法により、窒化物からなる絶縁膜1として厚さ $100\text{\AA}$ の窒化硅素( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )薄膜と厚さ $\lambda/4$ ( $\lambda$ :発振波長)の酸化硅素( $\text{SiO}_2$ )薄膜2とからなる2層膜による低反射(AR)膜3を、素子の後面( $z=0$ )に $\text{SiO}_2$ 薄膜と非晶質硅素(a-Si)薄膜とからなる6層膜による高反射(HR)膜4を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子は、しきい値電流約 $10\text{mA}$ で室温連続発振し、その発振波長は約 $0.98\mu\text{m}$ であった。また、素子は $580\text{mW}$ まで安定に横単一モード発振した。また、光出力を増加させても端面劣化は起こらず、最大光出力 $800\text{mW}$ は熱飽和により制限された。また、30素子について環境温度 $80^\circ\text{C}$ の条件下で $200\text{mW}$ 定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約 $250\text{mA}$ であり、全ての素子で10万時間以上安定に動作した。

【0012】本実施例では窒化物からなる絶縁膜として $\text{Si}_3\text{N}_4$ 薄膜を用いたが、他の窒化膜、例えば窒化アルミニウム( $\text{AlN}$ )膜、窒化ガリウム( $\text{GaN}$ )膜、或いは窒化砒素( $\text{BN}$ )膜を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。また、保護膜形成法としてスパッタリング法を用いたが、他の薄膜形成法、例えばマイクロ波プラズマ化学気相蒸着(ECR-CVD)法、電子線(EB)蒸着法、イオンビーム(IB)蒸着法を用いてもよい。

【0013】<実施例2>本発明の第2の実施例を図3及び4を用いて説明する。本実施例は、光ディスクや光磁気ディスクの書き込み用として用いられる $0.68\mu\text{m}$ 帯高出力半導体レーザに適用したものである。図4(a)は、断面構造を、図4(b)は活性層の拡大図を、図5は平面構造を示している。次に、素子作製方法について述べる。n-GaAs基板5上にGaAsバッファ層6、GaAsに格子整合したn-( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ )InPクラッド層( $x=0.7$ )19、GaAsに格子整合した( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ )InP障壁層( $y=0.45$ , 障壁層厚 $4\text{nm}$ )29と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{P}$ 歪量子井戸層( $z=0.6$ , 井戸層厚 $8\text{nm}$ )30、及び( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ )InP SCH(Separate Confinement Heterostructure)層( $s=0.55$ , 障壁層厚 $4\text{nm}$ )31とから構成される歪量子井戸活性層20、GaAsに格子整合したp-( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ )InPクラッド層( $t=0.7$ )21、GaAsに格子整合したp-InGaPエッチストップ層22、GaAsに格子整合したp-( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ )InPクラッド層( $u=0.7$ )23、p- $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ キャップ層( $v=0.7$ )24をMOVPE法、CBE法、またはMBE法により順次形成する。次に、酸化膜をマスクに、ホットエッチン

グ工程により図4 (a) に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウエット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。エッチングはp-InGaPエッチストップ層22で止め歪量子井戸活性層20に達しないようにする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図4 (a) に示すようにn-GaAs電流狭窄層25をMOVPE法により選択成長する。その後成長炉からウエハを取りだし、選択成長マスクとして用いた酸化膜をエッチングにより除去する。その後、p-GaAsコンタクト層14をMOVPE法またはMBE法により形成する。p側オーミック電極15、n側オーミック電極16を形成した後、劈開法により共振器長約600  $\mu\text{m}$  のレーザ素子を得た。この後EB蒸着法を用いて図5に示すように、素子の前面 ( $z=L$ ) に厚さ50  $\text{\AA}$  の低密度のBN膜32、厚さ100  $\text{\AA}$  の緻密な微結晶BN膜33、 $\lambda/4$  ( $\lambda$ : 発振波長) の厚さの $\text{SiO}_2$ 膜2を順次形成してAR膜35を、素子の後面 ( $z=0$ ) に $\text{SiO}_2$ 膜と $\text{SiN}_x$ 膜の8層膜と $\text{SiO}_2$ 膜とa-Si膜の2層膜とからなるHR膜36を形成した。その後、素子を接合面を上にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子は、しきい値電流約14mAで室温連続発振し、その発振波長は約0.68  $\mu\text{m}$  であった。また、素子は150mWまで安定に横単一モード発振した。また、最大光出力として300mW以上の光出力を得た。また、30素子について環境温度80°Cの条件下で50mW定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約200mAであり、全ての素子で5万時間以上安定に動作した。

【0014】本実施例では窒化物からなる絶縁膜としてBN薄膜を用いたが、他の窒化膜、例えばAlN膜、GaN膜、或いは $\text{SiN}_x$ 膜等を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。また、保護膜形成法としてEB蒸着法を用いたが、他の薄膜形成法、例えばECR-CVD法、IB蒸着法、スパッタリング法等を用いてもよい。

【0015】<実施例3>本発明の第3の実施例を図2、5を用いて説明する。本実施例は、本発明を光伝送システムで中継器あるいは受信器に用いられる希土類添加光ファイバ増幅器励起用0.98  $\mu\text{m}$  帯高出力半導体レーザに適用したものである。図2 (a) は断面構造を、図2 (b) は活性層の拡大図を、図5は平面構造を示している。次に、素子の作製方法について述べる。n-GaAs基板5上にGaAsバッファ層6、GaAsに格子整合したn-InGaPクラッド層7、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 障壁層 ( $x=0.82$ 、 $y=0.63$ 、障壁層厚35nm) 17と $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 歪量子井戸層 ( $z=0.16$ 、井戸層厚7nm) 18から構成される歪量子井戸活性層8、GaAs基板に格子整合したp-InGaPクラッド層9、p-GaAs光導波路層10、GaAsに格子整合したp-InGaPクラッド層11、p-GaAsキャップ層12をMOVPE法、またはガスソースMBE法、またはCBE法により順次形成する。次に、酸化膜をマスクに、ホットエッチング工程により図2 (a) に示すようなリッジを形成する。こ

のときのエッチングはウエット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。エッチングはp-GaAs光導波路層10を完全に除去し、且つ歪量子井戸活性層8に達しないようにp-InGaPクラッド層9の途中で止まるようにする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図2 (a) に示すようにn-InGaP電流狭窄層13をMOVPE法により選択成長する。その後成長炉からウエハを取りだし、選択成長マスクとして用いた酸化膜をエッチングにより除去する。その後、p-GaAsコンタクト層14をMOVPE法、CBE法、またはMBE法により形成する。p側オーミック電極15、n側オーミック電極16を形成した後、劈開法により共振器長約900  $\mu\text{m}$  のレーザ素子を得た。この後、素子の両面に熱励起法により生成した原子状活性水素 ( $\text{H}^*$ ) ビームを照射して半導体表面上の自然酸化膜を除去した後、IB蒸着法により厚さ100  $\text{\AA}$  の低密度AlN膜37、100  $\text{\AA}$  の緻密な非晶質AlN膜38と、反射率が6%となる厚さの $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜39によるAR膜40を、素子の後面に厚さ100  $\text{\AA}$  の低密度AlN膜37、100  $\text{\AA}$  の緻密な非晶質AlN膜38と、 $\text{SiO}_2$ 膜とa-Si膜の6層膜からなるHR膜41を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。試作した素子は、しきい値電流約10mAで室温連続発振し、その発振波長は約0.98  $\mu\text{m}$  であった。また、素子は650mWまで安定に横単一モード発振した。また、光出力を増加させても端面劣化は起こらず、最大光出力800mWは熱飽和により制限された。また、30素子について環境温度80°Cの条件下で200mW定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約240mAであり、全ての素子で10万時間以上安定に動作した。

【0016】本実施例では原子状活性水素を用いて半導体表面の自然酸化物を除去したが、他の活性原子、活性分子、活性イオン、例えば $\text{H}_2^*$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 等を用いてもよい。また、熱励起法により原子状活性水素を生成したが、他の方法例えばマイクロ波プラズマ、RFプラズマ、グロー放電等を用いて生成してもよいことは言うまでもない。

【0017】なお、上述した実施例の活性層をSCH層の組成を段階的に変化させたGRIN-SCH (Graded Index-Separate Confinement Heterostructure) 活性層としてもよい。また、本発明は導波路構造によらないので、たとえば、上述した実施例のほかに導波路構造としてBH (Buried Heterostructure) 構造を用いても良く、面発光レーザに適用しても良い。また、本発明は材料系にもよらないので、上述したGaAs基板上的InGaAsP系、GaAs基板上的AlGaAs系のみでなく、InP基板上的AlInGaAsP系、GaAs基板上的InAlGaP系、サファイア基板或いはSiC基板上的GaN系、GaAs基板或いはZnSe基板上的II-VI族化合物半導体レーザ等にも適用できる。さらに、発振波長として上述した0.98  $\mu\text{m}$  帯、0.68  $\mu\text{m}$  帯のほか、1.55  $\mu\text{m}$  帯、1.48  $\mu\text{m}$  帯、0.65  $\mu\text{m}$  帯、更には0.5  $\mu\text{m}$  帯、0.45  $\mu\text{m}$  帯

等の青緑色、青色レーザ等、半導体レーザで実現できる全ての波長範囲に適用できることは言うまでもない。

# 【0018】

【発明の効果】本発明により、高出力半導体レーザにおいて長寿命化、高信頼化を容易な方法で実現し、歩留まり向上、低コスト化を実現した。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による端面構造を有するレーザの平面構造を示した図。

【図2】本発明による第1の実施例を示した図。

【図3】本発明による第2の実施例を示した図。

【図4】本発明による別の端面構造を有するレーザの平面構造を示した図。

【図5】本発明による別の端面構造を有するレーザの平面構造を示した図。

## 【符号の説明】

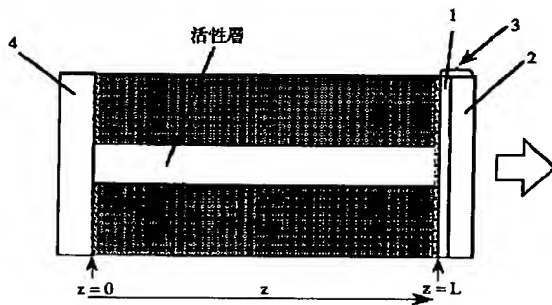
1：窒化物からなる絶縁膜、2：SiO<sub>2</sub>膜、3：低反射

10

\*膜、4：高反射膜、5：n-GaAs基板、6：GaAsバッファ層、7：n-InGaPクラッド層、8：歪量子井戸活性層、9：p-InGaPクラッド層、10：p-GaAs光導波路層、11：p-InGaPクラッド層、12：p-GaAsキャップ層、13：n-InGaP電流狭窄層、14：p-GaAsコンタクト層、15：p側オーミック電極、16：n側オーミック電極、17：InGaAsP障壁層、18：InGaAs歪量子井戸層、19：n-AlGaInPクラッド層、20：歪量子井戸活性層、21：p-AlGaInPクラッド層、22：p-InGaPエッチストップ層、23：p-AlGaInPクラッド層、24：p-AlGaAsキャップ層、25：n-GaAs電流狭窄層、29：AlGaInP障壁層、30：InGaP歪量子井戸層、31：AlGaInP SCH層、32：低密度BN膜、33：緻密BN膜、35：低反射膜、36：高反射膜、37：低密度AlN膜、38：緻密AlN膜、39：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜、40：低反射膜、41：高反射膜。

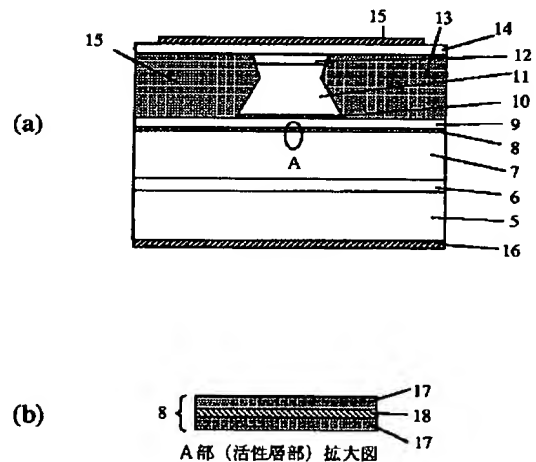
【図1】

図1



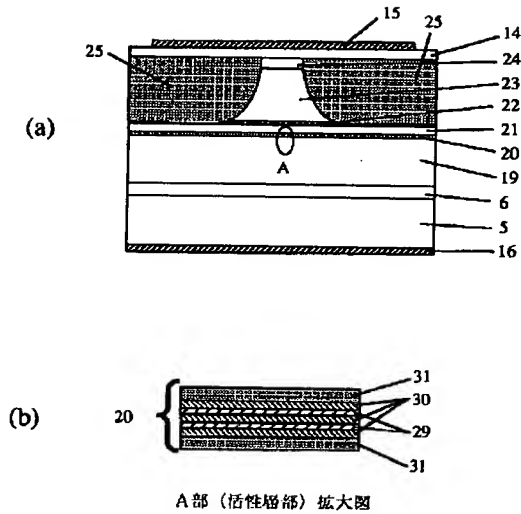
【図2】

図2



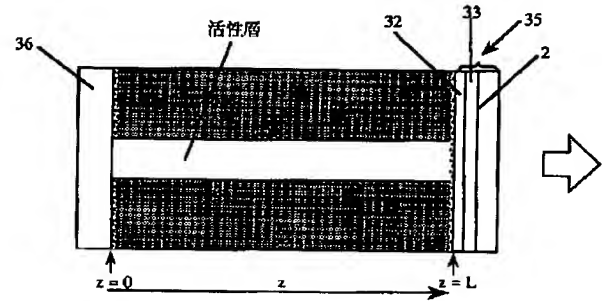
【図3】

図3



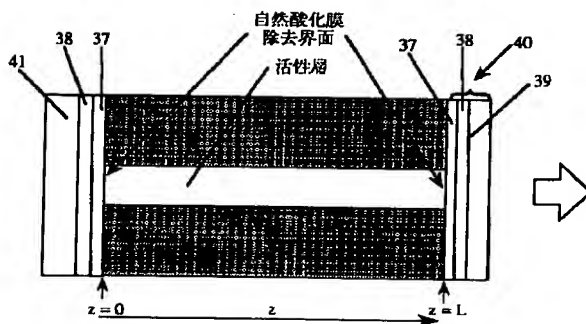
【図4】

図4



【図5】

図5



フロントページの続き

(72)発明者 野本 悦子  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 豊中 隆司  
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株  
式会社日立製作所情報通信事業部内  
(72)発明者 魚見 和久  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内